

RECEIVED

24 APR 2005

511,777

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
6. November 2003 (06.11.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/092022 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01G 4/12, 4/30**

(74) **Anwalt: EISENFÜHR, SPEISER & PARTNER**; Anna-  
Louisa-Karsch-Str. 2, 10178 Berlin (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP03/04215**

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:  
23. April 2003 (23.04.2003)

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
102 18 799.1 23. April 2002 (23.04.2002) **DE**

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu  
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die fol-  
genden Bestimmungsstaaten JP, europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR)

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): IHP GMBH - INNOVATIONS FOR HIGH  
PERFORMANCE MICROELECTRONICS / INSTI-  
TUT FÜR INNOVATIVE MIKROELEKTRONIK  
[DE/DE]; Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (DE).**

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

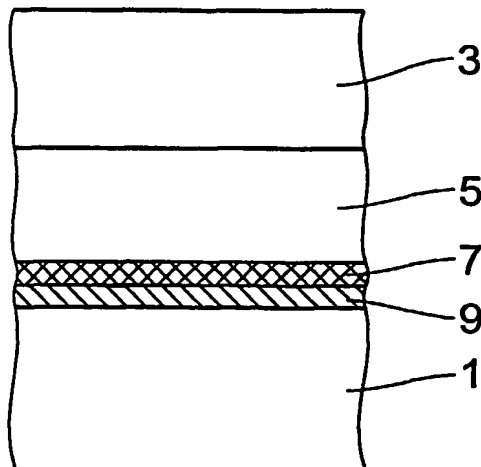
(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): MÜSSIG,  
Hans-Joachim [DE/DE]; Friedrich-Kind-Strasse 11,  
01259 Dresden (DE).**

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) **Title: SEMICONDUCTOR CAPACITOR COMPRISING PRASEODYMIUM OXIDE AS A DIELECTRIC AND AN IN-  
TERMEDIATE LAYER AS A DIFFUSION BARRIER FOR OXYGEN**

(54) **Bezeichnung: HALBLEITERKONDENSATOR MIT PRASEODYMOXID ALS DIELEKTRIKUM UND MIT EINER ZWI-  
SCHENSCHICHT ALS DIFFUSIONSBARRIERE FÜR SAUERSTOFF**



(57) **Abstract:** The invention relates to a semiconductor capacitor comprising a first semiconductor layer which contains silicon and forms a first capacitor electrode (1), a second capacitor electrode (3), and a capacitor dielectric (5) which contains praseodymium oxide and is located between the capacitor electrodes (1, 3). According to the invention, a thin intermediate layer (9) is provided between the capacitor dielectric (5) containing praseodymium oxide and at least the first semiconductor layer (1) containing silicon, said intermediate layer embodying a diffusion barrier for oxygen. The thin intermediate layer (9) can especially comprise oxynitride.

(57) **Zusammenfassung:** Gemäss der Erfindung wird ein Halbleiterkondensator mit einer ersten Kondensatorelektrode (1) bildenden Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht, einer zweiten Kondensatorelektrode (3) und einem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) zwischen den Kondensatorelektroden (1, 3) bereitgestellt, in dem zwischen dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) und mindestens der Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht (1) eine dünne Zwischenschicht (9) vorhanden ist, die eine Diffusionsbarriere für Sauerstoff darstellt. Insbesondere kann die dünne Zwischenschicht (9) Oxynitrid umfassen.

WO 03/092022 A1

---

### Halbleiterkondensator mit Praseodymoxid als Dielektrikum

---

Die Erfindung betrifft einen Halbleiterkondensator mit Praseodymoxid als Dielektrikum sowie ein Verfahren zum Herstellen einer dünnen Oxynitridschicht auf Silizium.

Halbleiterkondensatoren sind aus der modernen Halbleitertechnologie nicht mehr wegzudenken. Wichtige Anwendungsbeispiele für Halbleiterkondensatoren sind dynamische Direktzugriffsspeicher (DRAM), in denen die Halbleiterkondensatoren als Speicherzellen Verwendung finden, und Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFETs, metal-oxide semiconductor field-effect transistor), in denen das Substrat, die Gateelektrode und das zwischen Substrat und Gateelektrode liegende Gateoxid einen Halbleiterkondensator bilden.

Für einen Halbleiterkondensator gilt wie für alle Kondensatoren, dass die Kapazität des Kondensators proportional zur Dielektrizitätszahl des zwischen den Kondensatorelektroden befindlichen Dielektrikums und der Fläche der Kondensatorelektroden sowie zum Reziprokenwert des Abstandes zwischen den Kondensatorelektroden, also der Dicke des Dielektrikums, ist. Als Dielektrikum wird in der Halbleitertechnik häufig Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ) eingesetzt.

Mit der zunehmenden Verringerung der Bausteingröße in der Halbleitertechnik werden auch die Abmessungen der Kondensatorplatten von Halbleiterkondensatoren, beispielsweise der Gateelektroden von MOSFETs, immer kleiner. Damit verringert sich aber auch die Kapazität des Halbleiterkondensators, sofern keine Maßnahmen ergriffen werden, dem entgegenzuwirken.

Zum Kompensieren der Verringerung der Abmessungen der Kondensatorelektroden gibt es zwei Möglichkeiten. Die erste besteht darin, die Dicke des Dielektrikums zu verringern. Dies führt beispielsweise in MOSFETs, in denen als Dielektrikum typischerweise Siliziumoxid Verwendung findet, bei Gatelängen von weniger als  $0,1 \mu\text{m}$  zu Problemen. Das Siliziumoxid für Bauelemente mit derart geringen Gatelängen müsste dann dünner als  $1,5 \text{ nm}$  sein. Ein solch dünnes Siliziumoxid führt jedoch zu einer Zunahme des Leckstroms des MOSFETs. Der Leckstrom entsteht aufgrund von Elektronen, die durch das dünne Gateoxid zwischen dem Substrat und der Gateelektrode tunneln. Die Zahl der tunnelnden Elektronen und damit die Stromstärke des Leckstroms wächst exponentiell mit geringer werdender Dicke der Siliziumoxidschicht. Es ist jedoch erwünscht, den Leckstrom eines MOSFETs möglichst gering zu halten, da zum Steuern des Stromes zwischen der Drainelektrode und der Sourceelektrode möglichst wenig elektrische Leistung verbraucht werden soll.

Die zweite Möglichkeit, die Verringerung der Kondensatorelektrodenfläche zu kompensieren, besteht darin, nicht die Dicke des Dielektrikums sondern

dessen Dielektrizitätszahl zu ändern. Wird beispielsweise statt Siliziumoxid Praseodymoxid ( $\text{Pr}_2\text{O}_3$ ) als Dielektrikum verwendet, so lässt sich aufgrund der gegenüber Siliziumoxid höheren Dielektrizitätszahl des Praseodymoxids die Kapazität des Kondensators bei ansonsten gleichen Parametern  
5 deutlich erhöhen. Siliziumoxid besitzt eine Dielektrizitätszahl von 3,9, wohingegen Praseodymoxid eine Dielektrizitätszahl von 30 besitzt. Dies bedeutet, dass mit Praseodymoxid als Dielektrikum das Gateoxid um den Faktor 30 dividiert durch 3,9 dicker sein kann als ein Dielektrikum aus Siliziumoxid. Mit Praseodymoxid als Gatedielektrikum lässt sich daher der  
10 Leckstrom gegenüber Siliziumoxid als Dielektrikum drastisch verringern.

Die Dicke einer Siliziumoxidschicht, die bei konstanter Fläche der Kondensatorelektroden dieselbe Kapazität liefert wie die Praseodymoxidschicht wird im Folgenden als äquivalente Oxidschichtdicke bezeichnet. Mit zunehmender Verringerung der Bausteingröße muss diese äquivalente  
15 Oxidschichtdicke kleiner werden, um die Verringerung der Kondensatorelektrodenfläche zu kompensieren. Mittels Praseodymoxid als Dielektrikum lässt sich die tatsächliche Oxidschichtdicke gegenüber der äquivalenten Oxidschichtdicke vergrößern, und somit der tunnelnde Leckstrom verringern.

20 Praseodymoxid wird typischerweise durch Verdampfen von  $\text{Pr}_6\text{O}_{11}$  auf Silizium deponiert. Dabei bildet sich zwischen dem Silizium und dem Praseodymoxid ( $\text{Pr}_2\text{O}_3$ ) ein Mischoxid der Form  $(\text{PrO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$  mit  $0 < x < 1$ , typischerweise in nicht stöchiometrischer Form. Auf das Abscheiden folgende thermische Prozessschritte führen darüber hinaus zu einer  
25 weiteren Ausbreitung des Mischoxids, insbesondere des  $\text{SiO}_2$ -Anteils.

Das Mischoxid besitzt eine geringere Dielektrizitätszahl als das reine Praseodymoxid, wodurch die äquivalente Oxidschichtdicke des Dielektrikums gegenüber einem reinen Praseodymoxid-dielektrikum vergrößert wird. Das Mischoxid verschlechtert daher die elektrischen

Eigenschaften des Dielektrikums und damit des Halbleiterkondensators, und zwar um so mehr, je dicker das Mischoxid ist.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Halbleiterkondensator mit Praseodymoxid als Dielektrikum derart weiterzubilden,  
5 dass er verbesserte elektrische Eigenschaften aufweist.

Diese Aufgabe wird durch einen Halbleiterkondensator nach Anspruch 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche enthalten weitere Ausgestaltungen und Merkmale der vorliegenden Erfindung.

Gemäß Anspruch 1 wird zum Lösen der oben genannten Aufgabe ein  
10 Halbleiterkondensator mit einer ersten Kondensatorelektrode bildenden, Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht, einer zweiten Kondensatorelektrode und einem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum zwischen den Kondensatorelektroden bereitgestellt, in dem  
15 zwischen dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum und mindestens der Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht eine erste dünne Zwischenschicht vorhanden ist, die eine Diffusionsbarriere für Sauerstoff darstellt.

Als Schicht soll hierbei nicht nur ein parallel zur Oberfläche eines Halbleitersubstrats verlaufender Materialbereich verstanden werden. Eine  
20 Schicht im Sinne der Erfindung kann auch senkrecht oder in beliebigen anderen Winkeln zur Substratoberfläche verlaufen. Insbesondere kann der Halbleiterkondensator als vertikaler oder als lateraler Halbleiterkondensator ausgestaltet sein.

Die erste dünne Zwischenschicht ist eine Diffusionsbarriere, die verhindert,  
25 dass in auf das Abscheiden der Praseodymoxid enthaltenden Schicht folgenden thermischen Prozessschritten Sauerstoff die Siliziumoberfläche erreicht und diese oxidiert. Dadurch lässt sich verhindern, dass der  $\text{SiO}_2$ -Anteil des  $(\text{PrO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ -Mischoxids infolge der Reaktion des Siliziums

mit Sauerstoff unkontrolliert wächst und sich die Dielektrizitätszahl des Kondensatordielektrikums verschlechtert. Daneben kann die dünne Zwischenschicht auch als eine Abschirmung des Substratmaterials gegen äußere Einflüsse fungieren.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung, umfasst die erste dünne Zwischenschicht Siliziumoxynitrid (kann in verschiedenen stöchiometrischen Verhältnissen vorkommen, z.B. SiON), im Folgenden kurz Oxynitrid genannt, als Material zum Hemmen der Sauerstoffdiffusion. Die dünne Oxynitrid umfassende Zwischenschicht ermöglicht neben dem  
10 Hemmen der Sauerstoffdiffusion die strukturelle und elektronische Anpassung des Praseodymoxids an die Silizium umfassende Halbleiterschicht und kann daher als eine Anpassungsschicht angesehen werde. Sie verringert die Trap-Dichte, also die Dichte an elektrischen Zustandsniveaus in der Bandlücke des Halbleitermaterials, die freie  
15 Elektronen einfangen und so unerwünschte Ladungszustände erzeugen können. Außerdem behindert die Oxynitrid umfassende Zwischenschicht das heteroepitaktische Wachstum (epitaktisches Wachstum eines Materials auf einem aus einem anderen Material bestehenden Substrat) von Praseodymoxid auf dem Silizium umfassenden Halbleitermaterial nicht, so  
20 dass einkristallines Wachstum des Praseodymoxids möglich ist.

- Alternativ oder zusätzlich kann als erste dünne Zwischenschicht auf der Praseodymoxidschicht eine dünne Ti-Schicht aufgebracht werden, die selbst als Gate-Elektrode dient oder aber als Zwischenschicht zwischen dem Gate-Dielektrikum und der Gate-Elektrode. Titan als besonders  
25 reaktives Übertagangsmetall kann den überflüssigen Sauerstoff in der Praseodymoxidschicht bzw. den möglicherweise von außen in diese Schicht eindringenden Sauerstoff chemisch binden. Eine solche Titan-Schicht kann den Schichtstapel und damit die Grenzfläche gegenüber Sauerstoff schützen, ganz gleich, ob dieser aus der Atmosphäre stammt oder  
30 während eines technologischen Prozessschrittes einwirkt.

Vorzugsweise beträgt die Dicke der ersten dünnen Zwischenschicht 0,5 nm oder weniger. Je dünner die erste dünne Zwischenschicht ist, desto weniger beeinflusst sie als Teil des Kondensatordielektrikums die elektrischen Eigenschaften des Kondensators. Die Dicke der ersten dünnen Zwischenschicht kann so weit verringert werden, wie es die Herstellungsprozesse erlauben, solange ihre Wirkung als diffusionshemmende Schicht nicht darunter leidet.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist die zweite Kondensatorelektrode aus einer zweiten Halbleiterschicht gebildet. Zwischen der zweiten Halbleiterschicht und dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum ist außerdem eine zweite dünne Zwischenschicht vorhanden. Mittels der zweiten dünnen Zwischenschicht können unkontrollierte chemische Reaktionen zwischen dem Kondensatordielektrikum und der zweiten Halbleiterschicht vermieden werden.

Insbesondere, wenn die zweite Halbleiterschicht Silizium umfasst, ist es vorteilhaft, wenn die zweite dünne Zwischenschicht Oxynitrid oder Siliziumoxid umfasst, um die Sauerstoffdiffusion oder chemische Reaktionen zu hemmen.. Mit Siliziumoxid als dünner zweiter Zwischenschicht ist es außerdem möglich, beim Aufbringen von polykristallinem Silizium (Polysilizium) als zweiter Halbleiterschicht, z. B. als Gateelektrode eines MOSFETs, das Kondensatordielektrikum in traditioneller Weise, d. h. so wie bei einem Kondensatordielektrikum aus Siliziumoxid, zu kontaktieren. Auch die Dicke der zweiten dünnen Zwischenschicht beträgt wie die der ersten dünnen Zwischenschicht vorzugsweise 0,5 nm oder weniger.

Vorteilhafterweise weist das Oxynitrid der dünnen Zwischenschichten ein Konzentrationsverhältnis von Sauerstoff zu Stickstoff (O/N-Konzentrationsverhältnis) von 1:1 auf.

Erfindungsgemäße Halbleiterkondensatoren können insbesondere vorteilhaft in Speicherzellen für dynamische Direktzugriffsspeicher (DRAM) oder als Gatekapazität in Feldeffekttransistoren Verwendung finden.

5 Erfindungsgemäß wird auch ein Verfahren zum Herstellen einer dünnen Oxynitridschicht auf einem Halbleitermaterial angegeben, in dem zuerst eine sehr dünne Siliziumoxidschicht auf das Halbleitermaterial aufgebracht wird, die anschließend zum Nitrieren in einer Stickstoffatmosphäre ( $N_2$ -Atmosphäre) bei  $800^\circ\text{C}$  getempert wird.

10 Daneben wird auch ein Verfahren zum Herstellen einer dünnen Oxynitridschicht auf Silizium angegeben, in dem die Siliziumoberfläche bei  $800^\circ\text{C}$  einer Stickstoffmonoxidatmosphäre (NO-Atmosphäre) oder einer Lachgasatmosphäre ( $N_2O$ -Atmosphäre) ausgesetzt wird.

15 Mit den erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich in vorteilhafter Weise dünne Oxynitridschichten für erfindungsgemäße Halbleiterkondensatoren herstellen. Insbesondere ist mit den erfindungsgemäßen Verfahren das Herstellen von Oxynitridschichten mit so geringen Dicken wie 0,2 nm und einem O/N-Konzentrationsverhältnis von 1:1 möglich.

20 Nachfolgend werden die bisher beschriebenen sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung anhand und von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt ausschnittsweise ein erstes Ausführungsbeispiel für den erfindungsgemäßen Halbleiterkondensator.

Fig. 2 zeigt ausschnittsweise ein zweites Ausführungsbeispiel für den erfindungsgemäßen Halbleiterkondensator.

25 In Fig. 1 ist ausschnittsweise die Schichtfolge eines erfindungsgemäßen Halbleiterkondensators am Beispiel der Gate-Kapazität eines MOSFETs dargestellt.



Die in Fig. 1 ausschnittsweise dargestellte Gate-Kapazität eines MOSFETs umfasst einen von einem Siliziumsubstrat 1 gebildeten Kanalbereich, der die erste Kondensatorelektrode bildet, und eine Polysilizium-Gateelektrode 3, das die zweite Kondensatorelektrode bildet. Zwischen dem Siliziumsubstrat 1 und der Polysilizium-Gateelektrode 3 befindet sich ein Gatedielektrikum 5 aus Praseodymoxid ( $\text{Pr}_2\text{O}_3$ ) als Kondensatordielektrikum. An der dem Substrat 1 zugewandten Grenzfläche des Gatedielektrikums 5 ist eine aus dem Herstellungsprozess herrührende Mischoxidschicht der Form  $(\text{PrO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$ , wobei x Werte im Bereich größer null und kleiner eins annehmen kann, vorhanden. Zwischen dem Mischoxid 7 und dem Siliziumsubstrat 1 befindet sich außerdem eine dünne Oxynitridschicht 9, die als Diffusionsbarriere für Sauerstoff dient und verhindert, dass Sauerstoff während Temperschritten, die auf das Abscheiden der Praseodymoxidschicht 5 auf das Siliziumsubstrat 1 folgen, durch das Praseodymoxid 5 hindurch die Siliziumoberfläche des Substrats 1 erreicht und diese oxidiert. Die Oxynitridschicht 9 wird im Herstellungsprozess vor dem Abscheiden der Praseodymoxidschicht 5 geschaffen.

Durch die erfindungsgemäße diffusionshemmende Oxynitridschicht 9 lässt sich die Sauerstoffdiffusion zur Oberfläche des Siliziumsubstrats 1 weitgehend verhindern und so ein unkontrolliertes Wachsen des Mischoxids 7 unterdrücken. Daher lässt sich die Dicke der Mischoxidschicht 7 im Vergleich zum Stand der Technik verringern. Gleichzeitig verringert die dünne Oxynitridschicht 9 die Trappdichte, also die Dichte an elektrischen Zustandsniveaus in der Bandlücke des Halbleitermaterials, die freie Elektronen einfangen und so unerwünschte Ladungszustände erzeugen können.

Statt einer Oxynitridschicht 9 kann auch eine Schicht aus einem anderen Material verwendet werden, solange dieses Material die Diffusion des Sauerstoffs hemmt und vorzugsweise auch das heteroepitaktische Wachstum des Praseodymoxids auf dem Substrat nicht beeinträchtigt.

Eine dünne Oxynitridschicht auf Silizium kann beispielsweise realisiert werden, indem zuerst eine sehr dünne Siliziumoxidschicht auf das Siliziumsubstrat abgeschieden wird und die abgeschiedene Siliziumoxidschicht dann in einer Stickstoffatmosphäre bei 800°C getempert wird. Bei diesem Tempervorgang wird die dünne Siliziumoxidschicht nitriert. Alternativ kann die dünne Oxynitridschicht auf Silizium realisiert werden, indem die Siliziumoberfläche des Substrats bei 800°C einer NO- oder N<sub>2</sub>O-Atmosphäre ausgesetzt wird. Mit beiden Verfahren sind Oxynitridschichten mit einer Schichtdicke von 0,2 nm und einem O/N-Konzentrationsverhältnis von 1:1 realisierbar.

Ein zweites Ausführungsbeispiel ist in Fig. 2 dargestellt. Vom ersten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich das zweite Ausführungsbeispiel lediglich dadurch, dass zwischen dem Gatedielektrikum 5 und der Polysilizium-Gateelektrode 3 eine Siliziumoxidschicht 11 als dünne Zwischenschicht angeordnet ist. Vorzugsweise ist diese Siliziumoxidschicht 11 eine dünne SiO<sub>2</sub>-Schicht mit einer Dicke von 0,5 nm oder weniger. Insbesondere kann die Dicke auch weniger als 0,3 nm betragen. Die Siliziumoxidschicht 11 dient als Interfaceschicht, die sowohl die traditionelle Kontaktierung, d. h. die Kontaktierung wie bei einem aus Siliziumoxid bestehenden Gatedielektrikum, ermöglicht, als auch chemische Reaktionen zwischen dem Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gatedielektrikum und dem Polysilizium der Gateelektrode während auf das Abscheiden der Polysilizium-Gateelektrode 3 folgender thermischer Prozessschritte unterbindet.

Statt einer Siliziumoxidschicht als dünner Zwischenschicht 11 kann zwischen der Polysilizium-Gateelektrode 3 und dem Gatedielektrikum 5 auch eine dünne Oxynitridschicht vorgesehen sein. Auch ihre Dicke beträgt vorzugsweise 0,5 nm oder weniger und insbesondere weniger als 0,3 nm. Die mit der Oxynitridschicht als dünner Zwischenschicht 11 erzielten Wirkungen sind ähnlich, wie diejenigen, die mit der Siliziumoxidschicht erzielbar sind. So kann sowohl Oxynitrid als auch Siliziumoxid nach dem Herstellen der Praseodymoxidschicht als Schutzschicht für das

Praseodymoxid sowie als Kontaktierungshilfe beim Kontaktieren der Gateelektrode dienen.

In den bisher dargestellten Ausführungsbeispielen besteht die Gateelektrode 3 aus Polysilizium. Es ist jedoch auch möglich, die Gateelektrode 3 aus einem anderen Material, beispielsweise amorphem Silizium oder polykristallinem oder amorphem Siliziumgermanium (SiGe), herzustellen. Die Gateelektrode kann zum unterdrücken von Dotierstoffdiffusion Kohlenstoff oder Sauerstoff enthalten. Daneben sind auch Gateelektroden aus anderen üblichen Materialien, beispielsweise metallische Gateelektroden oder aus Metall-Halbleiter-Verbindungen bestehende Gateelektroden, möglich.

Auch ist das Substrat nicht auf ein Siliziumsubstrat beschränkt. Es können beispielsweise auch ein Siliziumgermaniumsubstrat, ein Siliziumgermaniumsubstrat mit Kohlenstoff oder Sauerstoff als Diffusionshemmer oder ein Siliziumsubstrat mit Kohlenstoff oder Sauerstoff als Diffusionshemmer Verwendung finden. Ebenso braucht das Substrat nicht in einer (001)-Kristallorientierung vorzuliegen.

In einer weiteren Ausführungsform (in den Figuren nicht dargestellt) dient der erfindungsgemäße Halbleiterkondensator als Speicherelement für eine Speicherzelle eines dynamischen Direktzugriffsspeichers (DRAM). Zwischen zwei Kondensatorelektroden aus einem Halbleitermaterial, beispielsweise kristallinem, polykristallinem oder amorphem Silizium oder Siliziumgermanium, jeweils mit oder ohne Kohlenstoff oder Sauerstoff, ist eine Praseodymoxidschicht als Dielektrikum angeordnet. Zwischen dem Praseodymoxid und dem Halbleitermaterial der Kondensatorelektroden befindet sich eine Siliziumoxidschicht oder eine Oxynitridschicht, mit der unerwünschte Reaktionen zwischen dem  $\text{Pr}_2\text{O}_3$ -Dielektrikum und dem Halbleitermaterial der Kondensatorelektroden vermieden werden können.

Es sind auch Gestaltungen des Speicherelements möglich, in denen nur zwischen einer der Kondensatorelektroden und der Praseodymoxidschicht eine Zwischenschicht vorhanden ist.

Patentansprüche

1. Halbleiterkondensator mit einer eine erste Kondensatorelektrode (1) bildenden, Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht, einer zweiten Kondensatorelektrode (3) und einem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) zwischen den

dadurch gekennzeichnet, dass

zwischen dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) und mindestens der Silizium umfassenden ersten Halbleiterschicht (1) eine erste dünne Zwischenschicht (9) vorhanden ist, die eine Diffusionsbarriere für Sauerstoff darstellt.

2. Halbleiterkondensator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste dünne Zwischenschicht (9) Oxynitrid oder Titan umfasst.

3. Halbleiterkondensator nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Dicke der ersten dünnen Zwischenschicht (9) 0,5 nm oder weniger beträgt.

4. Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die zweite Kondensatorelektrode (3) aus einer zweiten Halbleiterschicht gebildet ist und zwischen der zweiten Halbleiterschicht und dem Praseodymoxid umfassenden Kondensatordielektrikum (5) eine zweite dünne Zwischenschicht (11) vorhanden ist.

5. Halbleiterkondensator nach Anspruch 4, bei dem die zweite dünne Zwischenschicht (11) Oxynitrid umfasst.

6. Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 4, bei dem die zweite dünne Zwischenschicht (11) Siliziumoxid umfasst.
7. Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem die Dicke der zweiten dünnen Zwischenschicht (11) 0,5 nm oder weniger beträgt.
8. Halbleiterkondensator nach Anspruch 2 oder 5, bei dem das Oxynitrid der ersten oder der zweiten dünnen Zwischenschicht (9, 11) ein Konzentrationsverhältnis von Sauerstoff zu Stickstoff von 1:1 aufweist.
9. Speicherzelle für einen dynamischen Direktzugriffsspeicher, die einen Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 8 umfasst.
10. Feldeffekttransistor mit einem Substrat (1), einer Gateoxidschicht (5) und einer Gateelektrode (3), der einen Halbleiterkondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 8 umfasst, wobei das Substrat (1) die erste Kondensatorelektrode bildet, die Gateelektrode (3) die zweite Kondensatorelektrode bildet und das Gateoxid (5) das Kondensatordielektrikum bildet.

1/1

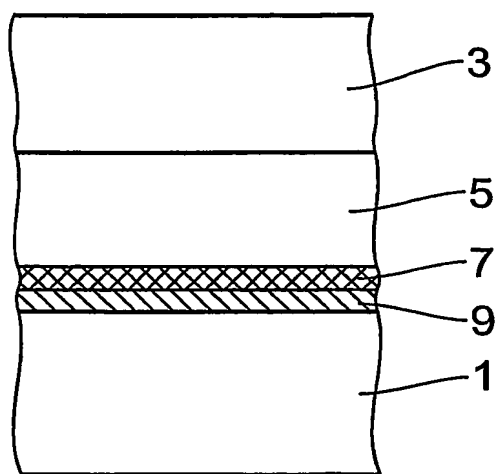


Fig. 1

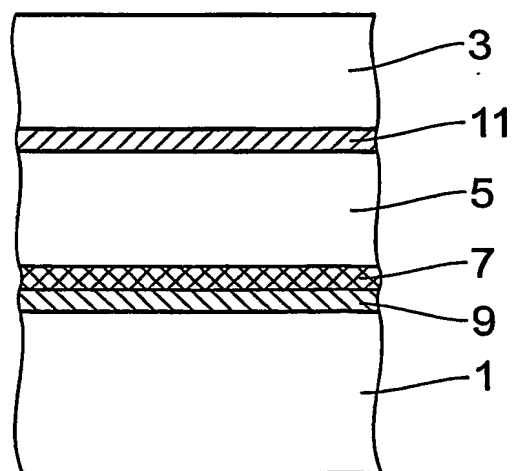


Fig. 2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/04215

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 H01G4/12 H01G4/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01G H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 100 39 327 A (IHP GMBH INNOVATIONS FOR HIGH) 14 February 2002 (2002-02-14) the whole document ---	1,9,10
Y	US 5 679 980 A (SUMMERFELT SCOTT R) 21 October 1997 (1997-10-21) column 2, line 28 -column 3, line 28 ---	1,9,10
A	US 5 790 366 A (HWANG YOOSANG ET AL) 4 August 1998 (1998-08-04) column 2 ---	1,9,10
A	US 6 370 017 B1 (STENZEL MELANIE ET AL) 9 April 2002 (2002-04-09) column 1 -column 3 --- -/--	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 July 2003

Date of mailing of the international search report

11/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lescop, E



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/04215

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 870 273 A (ENOKIDO YASUSHI ET AL) 9 February 1999 (1999-02-09) column 4, line 40 -column 8, line 58 -----	1-10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/04215

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 10039327	A	14-02-2002	DE	10039327 A1	14-02-2002
			WO	0213275 A1	14-02-2002
US 5679980	A	21-10-1997	US	5504041 A	02-04-1996
			EP	0697719 A2	21-02-1996
			JP	8064786 A	08-03-1996
			US	5851896 A	22-12-1998
US 5790366	A	04-08-1998	JP	10189881 A	21-07-1998
US 6370017	B1	09-04-2002	DE	10044451 C1	04-04-2002
			AU	7957201 A	22-03-2002
			WO	0221549 A1	14-03-2002
			EP	1316096 A1	04-06-2003
US 5870273	A	09-02-1999	JP	10125557 A	15-05-1998
			CN	1180908 A ,B	06-05-1998
			KR	263276 B1	01-08-2000

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/04215

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 IPK 7 H01G4/12 H01G4/30

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01G H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 100 39 327 A (IHP GMBH INNOVATIONS FOR HIGH) 14. Februar 2002 (2002-02-14) das ganze Dokument	1,9,10
Y	US 5 679 980 A (SUMMERFELT SCOTT R) 21. Oktober 1997 (1997-10-21) Spalte 2, Zeile 28 -Spalte 3, Zeile 28	1,9,10
A	US 5 790 366 A (HWANG YOOSANG ET AL) 4. August 1998 (1998-08-04) Spalte 2	1,9,10
A	US 6 370 017 B1 (STENZEL MELANIE ET AL) 9. April 2002 (2002-04-09) Spalte 1 -Spalte 3	1-10

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Juli 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/08/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lescop, E

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/04215

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 870 273 A (ENOKIDO YASUSHI ET AL) 9. Februar 1999 (1999-02-09) Spalte 4, Zeile 40 -Spalte 8, Zeile 58 -----	1-10

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/04215

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10039327	A	14-02-2002	DE WO	10039327 A1 0213275 A1	14-02-2002 14-02-2002
US 5679980	A	21-10-1997	US EP JP US	5504041 A 0697719 A2 8064786 A 5851896 A	02-04-1996 21-02-1996 08-03-1996 22-12-1998
US 5790366	A	04-08-1998	JP	10189881 A	21-07-1998
US 6370017	B1	09-04-2002	DE AU WO EP	10044451 C1 7957201 A 0221549 A1 1316096 A1	04-04-2002 22-03-2002 14-03-2002 04-06-2003
US 5870273	A	09-02-1999	JP CN KR	10125557 A 1180908 A ,B 263276 B1	15-05-1998 06-05-1998 01-08-2000